

# Aplikace matematiky

---

Daniel Mayer; Vladimír Štembera

Vyšetřování proudových diagramu elektrických strojů pomocí samočinného počítače

*Aplikace matematiky*, Vol. 11 (1966), No. 3, 189–198

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/103016>

## Terms of use:

© Institute of Mathematics AS CR, 1966

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

## VYŠETŘOVÁNÍ PROUDOVÝCH DIAGRAMŮ ELEKTRICKÝCH STROJŮ POMOCÍ SAMOČINNÉHO POČÍTAČE

DANIEL MAYER, VLADIMÍR ŠTEMBERA

(Došlo dne 13. října 1964.)

### 1. ÚVOD

Při použití symbolicko-komplexní metody lze vyjádřit proudy v ustáleném stavu ve vinutí elektrického stroje jako komplexní funkci reálného argumentu. Pro posouzení vlastností elektrického stroje je důležitá znalost grafu této funkce v komplexní rovině, tzv. proudového diagramu, pro hodnoty argumentu spojitě proměnné v jistém intervalu. Argumentem (parametrem) bývá skluz, resp. otáčky stroje anebo fázový posuv rotorového vinutí vzhledem k ose magnetického pole statoru. V prvním případě hovoříme o modulových proudových diagramech, ve druhém případě o argumentových proudových diagramech.

Za předpokladu lineárnosti všech elektrických obvodů vyšetřovaného stroje v celém pracovním rozsahu (tj. za předpokladu konstantnosti impedancí všech vinutí) jsou proudy, jak známo, racionální lomenou funkcí

$$(1) \quad V(p) = \frac{\sum_{k=0}^m a_k p^{m-k}}{\sum_{l=0}^n b_l p^{n-l}},$$

kde  $a_k$ ,  $b_l$  jsou komplexní koeficienty a  $p$  je reálný parametr. Jestliže rovnice

$$\sum_{l=0}^n b_l p^{n-l} = 0$$

má  $k_r$  reálných kořenů násobnosti  $r$  ( $j$ -tý  $r$ -násobný reálný kořen označíme  $p_{r,j}$ ) a  $l_s$  komplexních kořenů násobnosti  $s$  ( $j$ -tý  $s$ -násobný komplexní kořen označíme  $\omega_{s,j}$ ), lze vztah (1) vyjádřit ve tvaru

$$\begin{aligned}
(2) \quad \mathbf{V}(p) &= \sum_{j=0}^{m-n} \mathbf{A}_j p^j + \sum_{j=1}^{k_1} \frac{\mathbf{B}_{k_1,j}}{p - p_{1,j}} + \sum_{j=1}^{k_2} \frac{\mathbf{B}_{k_2,j}}{(p - p_{2,j})^2} + \dots + \\
&+ \sum_{j=1}^{k_r} \frac{\mathbf{B}_{k_r,j}}{(p - p_{r,j})^r} + \sum_{j=1}^{l_1} \frac{\mathbf{C}_{l_1,j}}{p - \omega_{1,j}} + \sum_{j=1}^{l_2} \frac{\mathbf{C}_{l_2,j}}{(p - \omega_{2,j})^2} + \dots + \sum_{j=1}^{l_s} \frac{\mathbf{C}_{l_s,j}}{(p - \omega_{s,j})^s} = \\
&= \sum_{j=0}^{m-n} \mathbf{A}_j p^j + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{k_i} \frac{\mathbf{B}_{k_i,j}}{(p - p_{i,j})^i} + \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^{l_i} \frac{\mathbf{C}_{l_i,j}}{(p - \omega_{i,j})^i},
\end{aligned}$$

kde  $\mathbf{A}_j, \mathbf{B}_{k_1,j}, \mathbf{B}_{k_2,j}, \dots, \mathbf{B}_{k_r,j}, \mathbf{C}_{l_1,j}, \mathbf{C}_{l_2,j}, \dots, \mathbf{C}_{l_s,j}$  jsou komplexní konstanty a

$$k_1 + k_2 + \dots + k_r + l_1 + l_2 + \dots + l_s = n.$$

V komplexní rovině lze interpretovat prvých  $r + 1$  členů jako součet přímek procházejících počátkem, v obecném případě s nelineární parametrickou stupnicí a dalších  $s$  členů jako součet kružnic procházejících počátkem, s různými parametrickými stupnicemi.

Při grafickém vyjádření funkce  $\mathbf{V}(p)$  v komplexní rovině lze vycházet z naznačeného rozkladu a s využitím různých geometrických vlastností komplexních funkcí lze zkonstruovat křivku  $\mathbf{V}(p)$ , včetně parametrické stupnice. Tento způsob konstrukce křivek v komplexní rovině je však již u jednodušších typů funkcí  $\mathbf{V}(p)$  velmi složitý, pracný a nepřehledný a z těchto důvodů se řešitel může snadno dopustit chyby. Teorie a způsoby konstruování křivek v komplexní rovině jsou uvedeny například v článcích [1], [2] pro bicirkulární kvartiku a v pracích citovaných ve [2] a v knihách [3] a [4] pro další typy komplexních funkcí reálného argumentu.

Jinak lze postupovat tak, že číselně vyjadřujeme funkci  $\mathbf{V}(p)$  pro různé hodnoty argumentu  $p$ , v předepsaném intervalu. Tento způsob je sice velmi prostý, avšak zejména při vyšetřování rozsáhlejší pracovní oblasti vede k velmi zdoluhavým numerickým výpočtům a proto z hlediska starších pracovních možností se v teorii elektrických strojů nejeví jako příliš výhodný. Naproti tomu při použití samočinného číslicového počítače můžeme na základě této výpočtové metody sestavit algoritmus výpočtu, jímž lze velice rychle dospět k výsledkům i pro složité funkce  $\mathbf{V}(p)$ .

## 2. PROGRAM PRO VÝPOČET HODNOT FUNKCE $\mathbf{V}(p)$

Pro výpočet hodnot komplexní funkce  $\mathbf{V}(p)$  pro různé hodnoty argumentu  $p$  pomocí samočinného počítače je nutno

a) upravit výraz (1) pro funkci  $\mathbf{V}(p)$  tak, aby vlastní výpočet probíhal v oboru reálných čísel;

b) zavést vhodné kritérium k volbě kroku pro argument  $p$ , pro který ve vyšetřované pracovní oblasti elektrického stroje budeme provádět výpočet.

V dalším uvedeme řešení těchto dvou otázek.

a) Úprava rovnice (1)

V rovnici (1) vyjádříme koeficienty  $\mathbf{a}_k, \mathbf{b}_l$  ve tvaru

$$(3) \quad \begin{aligned} \mathbf{a}_k &= \mathbf{a}_{rk} + j\mathbf{a}_{ik}, \quad k = 0, 1, \dots, m, \\ \mathbf{b}_l &= \mathbf{b}_{rl} + j\mathbf{b}_{il}, \quad l = 0, 1, \dots, n, \end{aligned}$$

kde  $\mathbf{a}_{rk}, \mathbf{a}_{ik}, \mathbf{b}_{rl}, \mathbf{b}_{il}$  jsou reálná čísla a parametr  $p$  nabývá pouze reálných hodnot v předepsaném intervalu  $\langle 0; M \rangle$ . Předpokládejme, že  $\mathbf{a}_0 \neq 0$  a  $\mathbf{b}_0 \neq 0$ .

Oddělíme-li v čitateli a ve jmenovateli rovnice (1) reálné a imaginární části, lze ji vyjádřit ve tvaru

$$(4) \quad \mathbf{V}(p) = \frac{\alpha_r(p) + j\alpha_i(p)}{\beta_r(p) + j\beta_i(p)},$$

kde

$$(5) \quad \begin{aligned} \alpha_r(p) &= a_{r0}p^m + a_{r1}p^{m-1} + \dots + a_{r(m-1)}p + a_{rm}, \\ \alpha_i(p) &= a_{i0}p^m + a_{i1}p^{m-1} + \dots + a_{i(m-1)}p + a_{im}, \\ \beta_r(p) &= b_{r0}p^n + b_{r1}p^{n-1} + \dots + b_{r(n-1)}p + b_{rn}, \\ \beta_i(p) &= b_{i0}p^n + b_{i1}p^{n-1} + \dots + b_{i(n-1)}p + b_{in}. \end{aligned}$$

Čitatele i jmenovatele rovnice (4) vynásobme výrazem  $\beta_r(p) - j\beta_i(p)$ , čímž dostáváme

$$(6) \quad \mathbf{V}(p) = \frac{\alpha_r(p)\beta_r(p) + \alpha_i(p)\beta_i(p) + j[\alpha_i(p)\beta_r(p) - \alpha_r(p)\beta_i(p)]}{\beta_r^2(p) + \beta_i^2(p)}.$$

Zavedeme nové označení a rovnici (6) přepíšeme na konečný tvar

$$(7) \quad \mathbf{V}(p) = \frac{P(p)}{Q(p)} + j \frac{R(p)}{Q(p)}.$$

Polynomy s reálnými koeficienty  $P(p)$  a  $R(p)$  jsou vesměs stupně  $m + n$  a polynom  $Q(p)$  je stupně  $2m$ ; tvar těchto polynomů je zřejmý z rovnic (6) a (7).

Z hlediska dalších výpočtů by bylo výhodné znát singulární body funkce  $\mathbf{V}(p)$ , tj. nulové body polynomu  $Q(p)$ , ležící na reálné ose, eventuálně v její blízkosti. Pro náš případ bude postačující zjišťovat pro běžné hodnoty parametru  $p$  chování polynomu  $Q(p)$ .

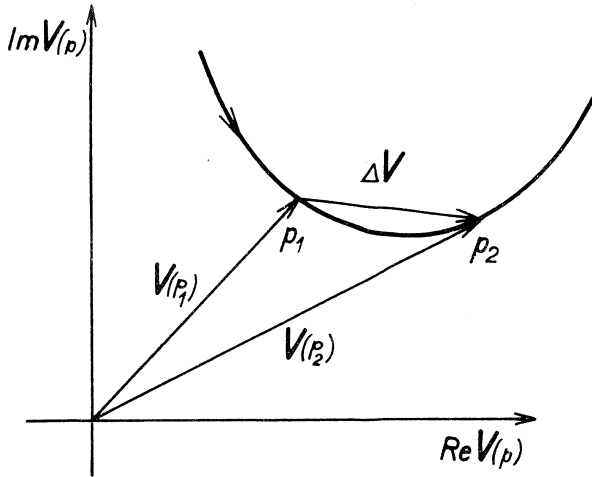
b) Volba argumentu  $p$ , pro který se počítá funkce  $\mathbf{V}(p)$

Při vyšetřování jednotlivých bodů proudového diagramu vycházíme jednak z daného intervalu, v němž se mění parametr  $p$ ,  $p \in \langle 0; M \rangle$  a dále z počátečního kroku  $h = 1$ , který je v dalším postupu stále upravován, v závislosti na funkci  $\mathbf{V}(p)$ . Tato

úprava kroku  $h$  spočívá v tom, že pro zvolené kladné číslo  $\delta$ , které je mírou přesnosti zakreslení trajektorie koncového bodu vektoru  $\mathbf{V}(p)$ , obr. 1, musí být splněna podmínka

$$(8) \quad \delta \geq \Delta V = \sqrt{\{[\operatorname{Re} \mathbf{V}(p_2) - \operatorname{Re} \mathbf{V}(p_1)]^2 + [\operatorname{Im} \mathbf{V}(p_2) - \operatorname{Im} \mathbf{V}(p_1)]^2\}}.$$

Není-li tato podmínka splněna, je krok půlen, je-li  $\delta > \Delta V$ , je krok zdvojnásoben. Tak se postupuje pro  $p \leq M$ , dále je vypočtena hodnota funkce  $\mathbf{V}(p)$  pro  $p \rightarrow \infty$



Obr. 1.

a poté počítají hodnoty funkce  $\mathbf{V}(p)$  pro  $p \in \langle 0; -M \rangle$ , tj. vycházejí od  $p = 0$  s krokem  $h = -1$ , který se opět upravuje podle kritéria (8). Jestliže pro nějakou hodnotu parametru  $p = p_0$  platí  $|Q(p_0)| \leq 10^{-8}$ , pokračuje se ve výpočtu funkce  $\mathbf{V}(p)$  pro argument  $p = p_0 + h$  a opět se postupuje dále, za respektování kritéria (8).

### c) Program pro samočinný počítač

Program výpočtu je uveden v publikační verzi algoritmického jazyku ALGOL 60 v tabulce I. Lze jej použít pro racionální lomené funkce  $\mathbf{V}(p)$ , jejichž stupeň čitatele je  $m \leq 50$  a stupeň jmenovatele je rovněž  $n \leq 50$ . Nejprve se ze zadaných hodnot  $\mathbf{a}_k, \mathbf{b}_l$  vypočítají koeficienty polynomů  $P(p), R(p), Q(p)$ . Pak se počítá hodnota funkce  $\mathbf{V}(p)$  pro  $p \in (-M; M)$ , přičemž krok se samočinně nastavuje podle výše uvedeného kritéria. Hodnoty funkce  $\mathbf{V}(p) = \operatorname{Re} \mathbf{V}(p) + j \operatorname{Im} \mathbf{V}(p)$  jsou uloženy v poli  $V$ , kde  $\operatorname{Re} \mathbf{V}(p)$  je označena  $V[1, \dots]$  a  $\operatorname{Im} \mathbf{V}(p)$  je označena  $V[2, \dots]$ .

Při nastavování kroku podle kritéria (8) se počítají hodnoty funkce  $\mathbf{V}(p)$  pro hodnoty parametru  $p$ , jež jsou zpravidla neúplnými čísly. Je to však nevýhodné pro vyznačení stupnice parametrického měřítka na křivce  $\mathbf{V}(p)$  (cechování křivky

Tabulka I.

```

KRIVKY: begin integer m, n, i, j, K, max, N; real h, delta, M, p; Boolean beh;
array a, b [1 : 2, 0 : 50], P, Q, R[0 : 100], V[1 : 2, 1 : 3], r[1 : 3];
procedure TISK (p) reálná část: (V1) imag. část: (V2);
comment operační část procedury musí umožňovat tisk reálných čísel nebo
řetěů;
procedure Horner (D) výsledek: (x); real x; array D;
begin comment počítá hodnotu polynomu  $D_0p^N + D_1p^{N-1} + \dots + D_N$ 
pro dané p;
x := D[0]; for j := 1 step 1 until N do x := x × p + D[j] end Horner;
comment nutno přečíst stupně polynomů m, n, reálné a[1, i], b[1, i] a imaginární
a[2, i], b[2, i] části koeficientů čitatele a jmenovatele, dovolenou odchylku
vektorů delta a interval M;
KOEf: N := m + n; max := n;
if n > m then begin for i := m + 1 step 1 until n do
a[i] := 0
end else if m > n then begin for i := n + 1 step 1 until m do
b[i] := 0; max := m
end;
for i := 0 step 1 until max do
begin comment výpočet nových koeficientů;
P[i] := P[N - i] := Q[i] := Q[N - i] := R[i] := R[N - i] := 0;
for j := 0 step 1 until i do
begin
P[i] := P[i] + a[1, j] × b[1, i - j] + a[2, j] × b[2, i - j];
R[i] := R[i] + a[2, j] × b[1, i - j] - a[1, j] × b[2, i - j];
Q[i] := Q[i] + b[1, j]↑ 2 + b[2, i - j]↑ 2;
if i < max then
begin
P[N - i] := P[N - i] + a[1, max - j] × b[1, max - i + j] +
+ a[2, max - j] × b[2, max - i + j];
R[N - i] := R[N - i] + a[2, max - j] × b[1, max - i + j] -
- a[1, max - j] × b[2, max - i + j];
Q[N - i] := Q[N - i] + b[1, max - j]↑ 2 + b[2, max - i + j]↑ 2;
end
end
end KOEF;
h := 0.5; beh := true;

R0: p := 0; i := 2;
if Q[N] = 0 then begin TISK (p, 'nevlastní', 'nevlastní');
p := p + h; i := 1; go to R2
end else begin V[1, 1] := P[N]/Q[N];
V[2, 1] := R[N]/Q[N];
TISK (p, V[1, 1], V[2, 1])
end;

R1: if i = 3 then begin i := 2; p := p + h; go to R3 end;
i := 2; h := 2 × h; p := p + h;
if abs (p) ≤ M then go to R2 else if beh = false then go to PARAMETR else

```

```

if  $Q[0] = 0$  then TISK ('nekonečno', 'nevlastní', 'nevlastní') else
  begin  $V[1,1] := P[0]/Q[0]$ ;  $V[2,1] := R[0]/Q[0]$ ;
    TISK ('nekonečno',  $V[1,1]$   $V[2,1]$ )
  end;
beh := false;  $h := -0.5$ ; go to R0;

R2: Horner ( $Q$ ,  $r[3]$ );
if abs  $r[3] \leq 10^{-8}$  then begin TISK ( $p$ , 'nevlastní', 'nevlastní');  $p := p + h$ ;
   $i := 1$ ; go to R2
end;
Horner ( $P$ ,  $r[1]$ ); Horner ( $R$ ,  $r[2]$ );
 $V[1, i] := r[1]/r[3]$ ;  $V[2, i] := r[2]/r[3]$ ;
if  $i = 1$  then begin TISK ( $p$ ,  $V[1,1]$ ,  $V[2,1]$ );  $p := p + h$ ;
   $i := 2$ ; go to R2
end;

R3: if abs ( $\sqrt{V[1,1] - V[1, i]} \uparrow 2 + (V[2,1] - V[2, i]) \uparrow 2$ )  $\leq \delta$  then
  begin  $V[1, 1] := V[1, i]$ ;  $V[2, 1] := V[2, i]$ ;
    TISK ( $p$ ,  $V[1,1]$ ,  $V[2, 1]$ ); go to R1
  end else if  $i = 3$  then begin  $V[1, 2] := V[1, 3]$ ;  $V[2, 2] := V[2, 3]$  end else  $i := 3$ ;
   $h := h/2$ ;  $p := p - h$ ; go to R2;

PARAMETR: comment nutno zadat počet cejchovnich bodů  $K$  a pro každou obrátku cyklu
  nový parametr  $p$ ;
  for  $i := 1$  step 1 until  $K$  do
  begin Horner ( $Q$ ,  $r[3]$ );
    if  $r[3] \leq 10^{-8}$  then begin TISK ( $p$ , 'nevlastní', 'nevlastní');
      go to R4
    end;
    Horner ( $P$ ,  $r[1]$ ); Horner ( $R$ ,  $r[2]$ );
     $V[1, 1] := r[1]/r[3]$ ;  $V[2, 1] := r[2]/r[3]$ ; TISK ( $p$ ,  $V[1,1]$ ,  $V[2, 1]$ );
  R4: end cyklu PARAMETR;

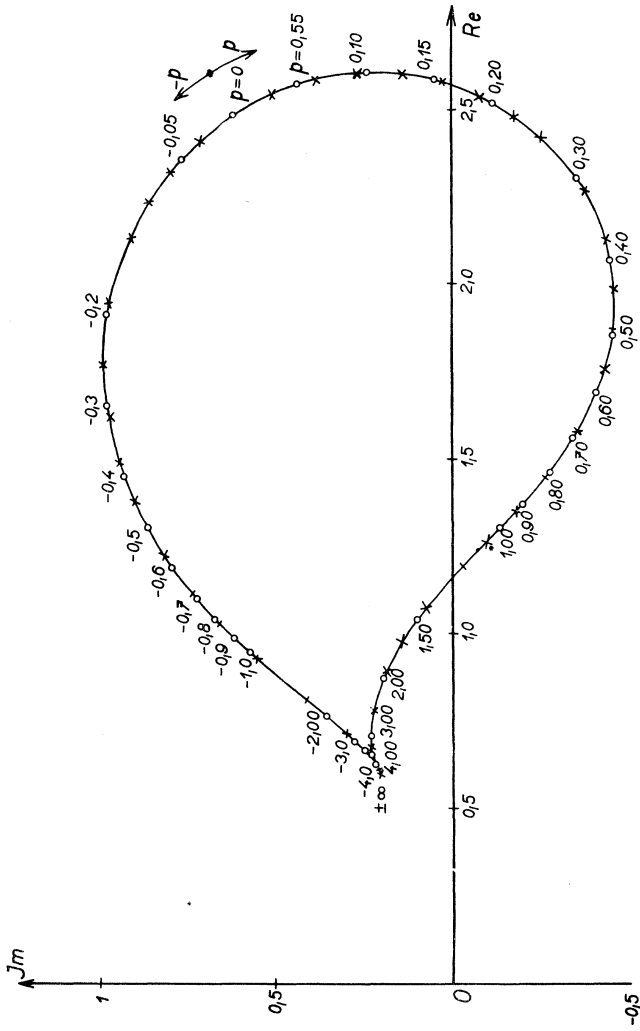
KONEC: end programu KRIVKY

```

$\mathbf{V}(p)$ ). Proto je program upraven tak, že po proběhnutí hlavního programu vstoupí na návěští PARAMETR, kde pro  $K$  zadaných hodnot parametru  $p$  (odpovídajících požadovaným hodnotám na stupnici parametrického měřítka) vypočítá hodnoty funkce  $\mathbf{V}(p)$ .

Vzhledem k tomu, že vypočítané hodnoty funkce  $\mathbf{V}(p)$  v daném intervalu parametru  $p$  nabývají praktický význam až po grafickém sestrojení, je výhodné použít počítač, který na výstupu umožňuje grafický záznam křivek, anebo který má dostatečný počet znaků na jeden řádek. Pak proceduru TISK, která v našem případě zprostředkuje vytištění hodnot  $p$ ,  $\text{Re } \mathbf{V}(p)$ ,  $\text{Im } \mathbf{V}(p)$ , pozměníme tak, abychom přímo získali trajektorii  $\mathbf{V}(p)$ , anebo jednotlivé její body vyznačíme vhodným typem z tiskárny počítače (například  $x$ ).

Uvedený program byl prakticky ověřen na několika příkladech různého charakteru na počítači National Elliott 803 A (program z ALGOLu 60 byl přepsán do autokodového jazyka tohoto počítače).



Obr. 2.



Jako jeden z těchto příkladů uvedeme výpočet trajektorie vektoru

$$\mathbf{V}(p) = \frac{(5 + j) p^2 + (-6,4 + j4,2) p + 11,8 + j5,6}{(8 - j) p^2 + (-6 + j9) p + 5 + j}$$

Jedná se zřejmě o bicirkulární kvartiku. Výpočet byl proveden pro tyto hodnoty:  $M = 10^7$ , tj. prakticky pro interval  $p \in (-\infty, \infty)$  a  $\delta = 0,2$ . Program počítal asi pro 80 různých hodnot parametru  $p$ , které jsou neúplnými čísly a jsou určovány podle kritéria (8) a dále asi pro 20 dalších hodnot parametru  $p$ , jež jsou vhodná pro vyznačení parametrické stupnice. V tabulce II je naznačen soubor výsledků získaných počítačem: je uvedeno několik hodnot funkce  $\mathbf{V}(p)$  pro hodnoty parametru

Tabulka II.

$p$	Re $\mathbf{V}(p)$	Im $\mathbf{V}(p)$
.00000000/ 00	.248461539/ 01	.623076923/ 00
.31250000/-01	.254388820/ 01	.513525642/ 00
.62500000/-01	.258464747/ 01	.394736293/ 00
.93750000/-01	.260475520/ 01	.271287908/ 00
.12500000/ 00	.260362226/ 01	.148253556/ 00
⋮	⋮	⋮
.104857744/ 07	.599999884/ 00	.199999984/ 00
.209715344/ 07	.599999938/ 00	.199999992/ 00
.419430544/ 07	.599999974/ 00	.199999999/ 00
.838860944/ 07	.599999983/ 00	.199999998/ 00
NEKONEČNO	.600000000/ 00	.200000000/ 00
.00000000/ 00	.248461539/ 01	.623076923/ 00
-.31250000/-01	.241016535/ 01	.719836179/ 00
-.62500000/-01	.232454802/ 01	.801571654/ 00
-.93750000/-01	.223189632/ 01	.867403546/ 00
⋮	⋮	⋮
-.104857656/ 07	.600000119/ 00	.200000016/ 00
-.209715256/ 07	.600000063/ 00	.200000008/ 00
-.419430456/ 07	.600000028/ 00	.200000002/ 00
-.838860856/ 07	.600000016/ 00	.200000002/ 00
.50000000/-01	.257073429/ 01	.443085195/ 00
.10000000/ 00	.260621762/ 01	.246484084/ 00
.15000000/ 00	.258806385/ 01	.534535985/-01
.20000000/ 00	.252322707/ 01	-.117501628/ 00
.30000000/ 00	.230938607/ 01	-.353796856/ 00
.40000000/ 00	.207054763/ 01	-.451863782/ 00
.50000000/ 00	.186255381/ 01	-.457101865/ 00
⋮	⋮	⋮

ležící v blízkosti krajních hodnot jednak intervalu  $\langle 0; M \rangle$ , jednak intervalu  $\langle 0, -M \rangle$  a posléze pro hodnoty parametru  $p$ , jež jsou úplnými čísly a jsou tedy vhodné pro sestrojení parametrické stupnice.

Graf funkce  $V(p)$  je uveden na obr. 2.

#### Literatura

- [1] *Michael W.*: Die Konstruktion des singularen Punktes der bizirkularen Quartik und der durch ihn gehenden Tangentialkreise. Archiv für Elektrotechnik 30 (1936), 199—206.
- [2] *Kučera, J.*: Oskulační kružnice v bicirkulárních proudových kvartikách elektrických strojů. Elektrotechnický obzor 53 (1964), 373—379.
- [3] *Hlávka, J.*: Střídavé proudy. SNTL, Praha 1958.
- [4] *Kneppo, E.*: Střídavé prúdy. Vydav. SAV, Bratislava 1954.

#### Резюме

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАГРАММ ТОКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

ДАНИЕЛЬ МАЙЕР, ВЛАДИМИР ШТЕМБЕРА

(DANIEL MAYER, VLADIMÍR ŠTEMBERA)

Токи в обмотках электрических машин можно в установившемся состоянии выразить в виде дробнорациональной функции, урав. (1). При этом предполагают, что все цепи линейные. Для оценки свойств электрической машины важно рассмотреть график функции (1) в комплексной плоскости — т. наз. диаграмму тока.

Алгоритм вычисления отдельных точек диаграммы тока, на основании которого была составлена программа для автоматической вычислительной машины, заключается, в частности, в следующем:

а) в преобразовании формулы (1) таким образом, чтобы вычисление совершалось в области действительных чисел,

б) в применении критерия при выборе шага для параметра  $p$ , для которого в исследуемой области определяют точки диаграммы тока. Программа построена таким образом, что, кроме тех значений параметра  $p$ , которые являются, в общем случае, неполными числами, проводится вычисление еще для тех данных параметра  $p$ , которые удобны для построения шкалы параметров.

Программа для автоматической вычислительной машины разработана на алгоритмическом языке ALGOL 60.

Применение этой программы показано на числовом примере бициркулярной квартики, вычисленном на автоматической машине типа National Elliott 803.

## Summary

### INVESTIGATION OF CURRENT DIAGRAMS OF ELECTRIC MACHINES BY COMPUTER

DANIEL MAYER, VLADIMÍR ŠTEMBERA

Currents in the winding of electric machines can be represented in the stationary state by a rational function (1), supposing that all circuits are linear. Examination of the graph of the function (1) in the complex plane – the so-called current diagram – is of great importance for the evaluation of electric machine properties.

The computation algorithm of current diagram points, on the basis of which the computer program was designed, consists principally in

a) modifying the expression (1) so that the actual computation may be performed only with real numbers,

b) introducing criteria of choosing the step for parameter  $p$ , for which current diagram points are determined in the examined region.

The program is so designed that, in addition to these parameter  $p$  values, which are generally incomplete numbers, the computation is performed even for those given parameter values that are suitable for the design of the parametric scale.

The computer program is given in the algorithmic language ALGOL 60.

The application of this program is exhibited on a numerical example, of the bicircular quartic, and computed by the National Elliott 803 computer.

*Adresy autorů:* Doc. Ing. Daniel Mayer C Sc., Vysoká škola strojní a elektrotechnická, Nejedlého sady 14, Plzeň. — Ing. Vladimír Štembera, Škoda Plzeň, Výzkumný a zkušební ústav.